

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-163373  
(P2003-163373A)

(43)公開日 平成15年6月6日(2003.6.6)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 01 L 33/00  
H 01 S 5/183

識別記号

F I  
H 01 L 33/00  
H 01 S 5/183

テマコード(参考)  
C 5 F 0 4 1  
5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数7 O.L (全6頁)

(21)出願番号 特願2001-360159(P2001-360159)

(22)出願日 平成13年11月26日(2001.11.26)

(71)出願人 000241463  
豊田合成株式会社  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地  
(71)出願人 000003713  
大同特殊鋼株式会社  
愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号  
(72)発明者 柴田 直樹  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内  
(74)代理人 100095577  
弁理士 小西 富雅 (外2名)

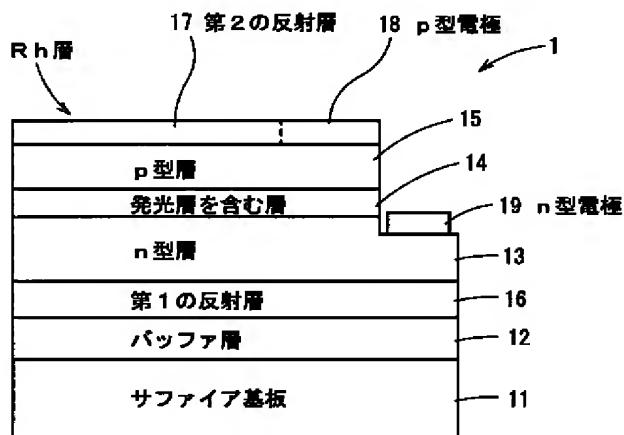
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 I I I 族窒化物系化合物半導体発光素子

(57)【要約】

【課題】 短い波長(例えば波長: ほぼ530nm)を高い出力で放出可能なフリップチップタイプの共振型面発光素子を提供する。

【解決手段】 透光性の基板の上にn型層、発光層を含む層及びp型層を備え、n型層と基板との間に半導体多重層からなる第1の反射層を備え、p型層の上に第2の反射層を備え、発光層からの光を基板側から外部へ放出させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 透光性の基板の上にn型層、発光層を含む層及びp型層を備え、前記n型層と前記基板との間に半導体多重層からなる第1の反射層を備え、前記p型層の上に第2の反射層を備えてなり、前記発光層からの光は前記基板を通して外部へ放出される、ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記第2の反射層は前記p型層に対してオーミックコンタクト可能な材料で形成されている、ことを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項3】 前記第2の反射層の材料はTiN、ZrN、HfN、Al、Ag、Rh、Ru、Ptから選ばれる1種又は2種以上の材料からなる、ことを特徴とする請求項2に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項4】 前記第2の反射層が誘電体多層膜からなる、ことを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項5】 前記誘電体多層膜はTiO<sub>2</sub>層とSiO<sub>2</sub>層の積層体である、ことを特徴とする請求項4に記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項6】 前記発光層から放出される光は360～570nm付近にピーク波長を有する、ことを特徴とする請求項1～5の何れかに記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項7】 前記発光層から放出される光は530nm付近にピーク波長を有する、ことを特徴とする請求項1～5の何れかに記載のIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明はIII族窒化物系化合物半導体発光素子に関し、更に詳しくは共振型面発光の発光素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 共振型面発光の発光素子として、例えば特開平11-54846号公報に記載の素子では、発光層からの光を一対の反射層で共振させP型層側（基板と反対側）から放出させている。この発光素子はガリウム砒素系であるのでp型層に充分な導電性を確保できる。他方、光通信技術の進展から、ガリウム砒素系の発光素子では実現できない短波長の光（好ましくは530nm程度の波長を有する光）を放出する共振型面発光素子が求められている。かかる短波長の光を安定して放出できる半導体発光素子としてはIII族窒化物系化合物半導体からなる発光素子が最も有力である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、III族窒化物系化合物半導体とくにGaN系の半導体ではp型層に高い導電性を得ることは現在困難である。そこでp型層

の全面に透光性電極を貼設してp型層の全面へ均一に電流を供給し、もって発光層の均一発光を図っている。その結果、p型層側へ光を放出する際に当該透光性電極による光の吸収が生じて、発光素子の発光効率を低下させてしまう。なお、本発明に関連する先行技術として、特開2001-7444号公報及び特開平11-220171号公報等を参照されたい。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記の課題を解決すべくなされ、短い波長（例えば波長：ほぼ530nm）を高い出力で放出可能なフリップチップタイプの共振型面発光素子を提供することを目的とする。この波長はプラスチックオプティカルファイバー（POF）の光損失が少ない波長領域で決まる。現在のPOFでは530nmが有利である。即ち、透光性の基板の上にn型層、発光層を含む層及びp型層を備え、前記n型層と前記基板との間に半導体多重層からなる第1の反射層を備え、前記p型層の上に第2の反射層を備えてなり、前記発光層からの光は前記基板を通して外部へ放出される、ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体発光素子。

【0005】 このように構成された発光素子はいわゆるフリップチップタイプとして使用され、その光は基板側から外部へ放出される。したがって、p型層側に配置されるp型電極の構造如何が発光素子における外部量子効率に何ら影響しなくなつて透光性電極により光の吸収がなくなるので、III族窒化物系化合物半導体を用いて短波長の光を放出可能な高出力発光素子を提供できることとなる。また、光を基板側から放出することに伴い、p型層側のp型電極及び第2の反射層には充分な設計自由度が与えらる。よって、安価な発光素子の提供も可能になる。

【0006】 以下、本発明を構成する各要素について説明する。

（基板） 本発明の共振型面発光素子は基板側から光が放出されるので、基板は発光層から放出される光を透過させるものとする。また、基板は、その上にIII族窒化物系化合物半導体層を成長させることができるものとする。このような基板の例として、サファイア、スピネル、炭化シリコン、酸化亜鉛、リン化ガリウム、酸化マグネシウム、酸化マンガン、YSZ（安定化ジルコニアイットリア）等からなる基板を用いることができる。特に、サファイア基板を用いることが好ましい。結晶性のよいIII族窒化物系化合物半導体層を成長させるためである。

【0007】 （III族窒化物系化合物半導体層） 基板の上にはIII族窒化物系化合物半導体層が積層され、第1の反射層、n型層、発光層を含む層及びp型層が形成される。ここで、III族窒化物系化合物半導体とは、一般式としてAl<sub>x</sub>G<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N（0≤x≤1、

$0 \leq Y \leq 1$ 、 $0 \leq X+Y \leq 1$ ）で表され、 $\text{AlN}$ 、 $\text{GaN}$ 及び $\text{InN}$ のいわゆる2元系、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 、 $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ 及び $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ （以上において $0 < x < 1$ ）のいわゆる3元系を包含する。III族元素の少なくとも一部をボロン（B）、タリウム（Tl）等で置換しても良く、また、窒素（N）の少なくとも一部も リン（P）、ヒ素（As）、アンチモン（Sb）、ビスマス（Bi）等で置換できる。III族窒化物系化合物半導体層は任意のドーパントを含むものであっても良い。n型不純物として、Si、Ge、Se、Te、C等を用いることができる。p型不純物として、Mg、Zn、Be、Ca、Sr、Ba等を用いることができる。なお、p型不純物をドープした後にIII族窒化物系化合物半導体を電子線照射、プラズマ照射若しくは炉による加熱にさらすことも可能であるが必須ではない。III族窒化物系化合物半導体層の形成方法は特に限定されないが、周知の有機金属気相成長法（MOCVD法）、分子線結晶成長法（MBE法）、ハライド系気相成長法（HVPE法）、スパッタ法、イオンプレーティング法、電子シャワー法等によって形成することができる。なお、発光素子の構成としては、ホモ構造、ヘテロ構造若しくはダブルヘテロ構造のものを用いることができる。さらに、量子井戸構造（單一量子井戸構造若しくは多重量子井戸構造）を採用することもできる。基板とIII族窒化物系化合物半導体からなる結晶層の間にはバッファ層を設けることができる。バッファ層はその上に成長されるIII族窒化物系化合物半導体の結晶性を向上する目的で設けられる。バッファ層は $\text{AlN}$ 、 $\text{InN}$ 、 $\text{GaN}$ 、 $\text{AlGaN}$ 、 $\text{InGaN}$ 、 $\text{AlInGaN}$ 等のIII族窒化物系化合物半導体で形成することができる。その他、金属窒化物、酸化物も利用できる。

【0008】（第1の反射層）第1の反射層は互いに組成（屈折率）の異なる2種類のIII族窒化物系化合物半導体層を積層してなり、各層の膜厚は $\lambda/4n$ （ $\lambda$ ：光の波長、n：屈折率）の関係を有するいわゆるプラグ反射層を構成する。2種類のIII族窒化物系化合物半導体層の組合せとしては $\text{GaN}/\text{AlGaN}$ 、 $\text{GaN}/\text{AlN}$ が好ましい。2層間の屈折率差をなるべく広くとることができるものである。2種類の半導体層の繰返し数は特に限定されるものではないが、5～15とすることが好ましい。更に好ましくは7～10である。この第1の反射層は基板側に形成されるので、共振された光が透過できるようにその反射率は第2の反射層より小さく、ほぼ80%とすることが好ましい。

【0009】（第2の反射層）第2の反射層はp型層の上側に形成される。第2の反射層が導電性を有しかつp型層に対してオーミックコンタクトを得られる材料からなるときは、p型層の表面に直接貼設される。そして、図1に示すようにp型電極がその側面に電気的に接合される。第2の反射層とp型電極とでp型層表面の大部分

を被覆するようにすることが好ましい。図2に示すようにp型電極を第2の反射層の上に形成することもできる。この場合、第2の反射層でp型層表面の大部分を被覆することが好ましい。導電性を有しかつIII族窒化物系化合物半導体からなるp型層に対してオーミックコンタクトが得られ、更には反射層として発光層からの光を反射させることができる材料として、 $\text{TiN}$ 、 $\text{ZrN}$ 、 $\text{HfN}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Pt}$ の1種又は2種以上を挙げることができる。第2の反射層として異なる組成の層を複数積層したものを用いることができる。

【0010】第2の反射層を誘電体の多層膜で形成することもできる。この場合、第2の反射層は互いに組成（屈折率）の異なる2種類の誘電体を積層してなり、各層の膜厚は $\lambda/4n$ （ $\lambda$ ：光の波長、n：屈折率）の関係を有するいわゆるプラグ反射層を構成する。2種類の誘電体の組合せとしては $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ が好ましい。膜形成が比較的容易であり、又、膜が安定しており、さらに屈折率差が大きいからである。2種類の誘電体層の繰返し数は特に限定されるものではないが、3～10とすることが好ましい。更に好ましくは5～7である。この第2の反射層は共振する光のほぼ100%を反射させることができ。誘電体からなる第2の反射層を用いた場合、p型層に対する電流密度ができる限り均一になるようにp型電極はp型層の表面を広く被うように形成される。その結果、p型電極は第2の反射層に接して配設されることが好ましい。第2の反射層を、図4に示す通り、透光性電極の上に形成することもできる。

【0011】（p型電極）p型電極材料としては、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Re}$ などの金属またはこれらの任意の2種類以上の合金を用いることができる。中でも $\text{Al}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Ru}$ は、III族窒化物系化合物半導体発光素子の発光波長に対して高い反射効率を有し、かつp型III族窒化物系化合物半導体層に対するコンタクト抵抗が低いため、好適なp側電極材料として用いることができる。p型電極を、異なる組成の層が積層された二層又は多層構造とすることもできる。

【0012】（n型電極）サファイアなどの絶縁性の基板を用いたときには、基板に電極を接続できないので、エッチングによりn型層を表出させそこにn型電極を形成することとなる。n型電極材料としては、 $\text{Al}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{W}$ 、 $\text{Hf}$ などの金属またはこれらの任意の2種類以上の合金を用いることができる。n側電極を、異なる組成の層が積層された二層又は多層構造とすることもできる。例えば、 $\text{V}$ と $\text{Al}$ の2層構造とすることもできる。

【0013】

【実施例】以下、本発明の実施例を用いて、本発明の構成をより詳細に説明する。図1は、本発明の一の実施例であるフリップチップタイプの発光素子1の構成を模式

的に示した図である。発光素子1の各層のスペックは次\* \*の通りである。

層	組成
第2の反射層17	Rh (ロジウム)
p型層15	p-GaN: Mg
発光する層を含む層14	InGaN層を含む
n型層13	n-GaN: Si
第1の反射層16	GaN/A1GaN (5ペア)
バッファ層12	A1N
基板11	サファイア

【0014】サファイア基板11の上にはバッファ層12を介して第1の反射層16、n型不純物としてSiをドープしたGaNからなるn型層13を形成する。さらにバッファ層はA1Nを用いてMOCVD法で形成されるがこれに限定されることはなく、材料としてはGaN、InN、A1GaN、InGaN及びA1InGaN等を用いることができ、製法としては分子線結晶成長法(MBE法)、ハライド系気相成長法(HVPE法)、スペッタ法、イオンプレーティング法、電子シャワー法等を用いることができる。III族窒化物系化合物半導体を基板として用いた場合は、当該バッファ層を省略することができる。さらに基板とバッファ層は半導体素子形成後に、必要に応じて、除去することもできる。

【0015】第1の反射層16はバッファ層側からGaNとA1GaNとの積層を5回繰返したものである。各GaN層の膜厚は6.2nmであり、A1GaN層の膜厚は7.2nmである。第1の反射層としてバッファ層側からGaNとA1Nとの積層、若しくはA1GaNとGaNとの積層を繰返すことも可能である。ここでn型層はGaNで形成するが、A1GaN、InGaN若しくはA1InGaNを用いることができる。また、n型層にはn型不純物としてSiがドープされているが、このほかにn型不純物として、Ge、Se、Te、C等を用いることもできる。n型層13は発光する層を含む層14側の低電子濃度n-層とバッファ層12側の高電子濃度n+層とからなる2層構造とすることもできる。発光する層を含む層14は量子井戸構造の発光層を含んでいてもよく、また発光素子の構造としてはシングルヘテロ型、ダブルヘテロ型及びホモ接合型のものなどでもよい。発光する層を含む層14はp型層15の側にマグネシウム等のアクセプタをドープしたバンドギャップの広いIII族窒化物系化合物半導体層を含むこともできる。

これは発光する層を含む層14中に注入された電子がp型層15に拡散するのを効果的に防止するためである。発光する層を含む層14の上にp型不純物としてMgをドープしたGaNからなるp型層15が形成される。このp型層はA1GaN、InGaN又はInAlGaNとすることもできる、また、p型不純物としてはZn、Be、Ca、Sr、Baを用いることもできる。さらに、p型層15を発光する層を含む層14側の低ホール濃度p-層と電極側の高ホール濃度p+層とからなる2層構造とすることができる。

10※層構造とすることができる。上記構成の発光ダイオードにおいて、各III族窒化物系化合物半導体層は一般的な条件でMOCVDを実行して形成するか、分子線結晶成長法(MBE法)、ハライド系気相成長法(HVPE法)、スペッタ法、イオンプレーティング法、電子シャワー法等の方法で形成することもできる。

【0016】p型層15の形成後、p型層15、発光する層を含む層14、n型層13のそれぞれ一部をエッチングにより除去し、n型層13の一部を表出させる。続いて、p型層15上に、Rh層を蒸着により形成する。当該Rh層は第2の反射層17の機能と電極(電極パッド)18の機能とを有する。n電極19はA1とVの2層で構成され、蒸着によりn型層13上に形成される。その後、周知の方法でアロイ化する。

【0017】図2には他の実施例の発光素子20を示す。図1と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。この発光素子20ではRh層の全体を第2の反射層27としてその上にp型電極としての電極パッド28が形成される。

【0018】図3には他の実施例の発光素子30を示す。図1と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。この発光素子30では第2の反射層37としてTiO<sub>2</sub>とSiO<sub>2</sub>の積層体プラグ反射膜を用いている。TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>の繰返し数は5とし、各誘電体層の膜厚は5.2nm、9.0nmである。第2の反射層37を構成する誘電体としてTiO<sub>2</sub>とSiO<sub>2</sub>の外に、CeO<sub>2</sub>、CaF<sub>2</sub>、MgF<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>を挙げることができる。p型電極38はp型層15に対する接触面積を稼ぐ見地から、第2の反射層37へ接して形成される。p型電極38自体も光反射作用を有する材料で形成することが好ましい。

【0019】図4には他の実施例の発光素子40を示す。図1と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。この発光素子40はp型層15の表面に金合金からなる薄膜の透光性電極41を形成し、その上に第2の反射膜47が形成されている。第2の反射膜47は図3の実施例と同様に誘電体多層膜から構成される。

【0020】このように構成された共振型面発光素子1、20、30及び40によれば、発光層を含む層14で発生した光が第1の反射層と第2の反射層との間で共振され、所定のエネルギーを持つに至った光が第1の反

射層16、バッファ層12及びサファイア基板11を透過して外部放出されることとなる。

【0021】この発明は、上記発明の実施の形態の説明に何ら限定されるものではない。特許請求の範囲の記載を逸脱せず、当業者が容易に想到できる範囲で種々の変形態様もこの発明に含まれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の実施例の発光素子の構成を示す断面図である。

【図2】図2は他の実施例の発光素子の構成を示す断面図である。

【図3】図3は他の実施例の発光素子の構成を示す断面

図である。

【図4】図4も他の実施例の発光素子の構成を示す断面図である。

【符号の説明】

1、20、30、40 発光素子

11 サファイア基板

13 n型層

14 発光層を含む層

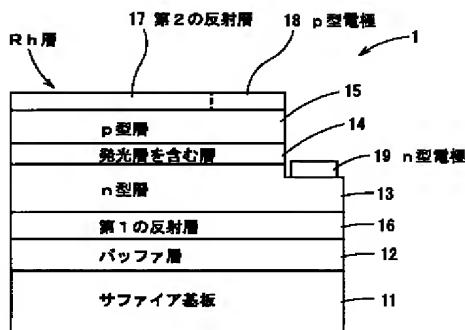
15 p型層

16 第1の反射層

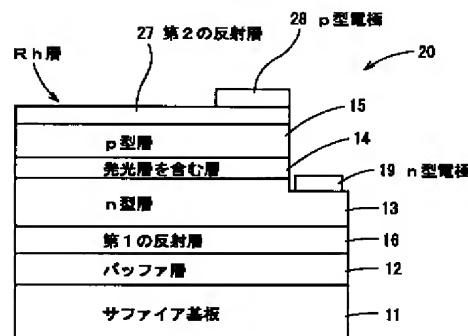
17、27、37、47 第2の反射層

18、28、38、48 p型電極

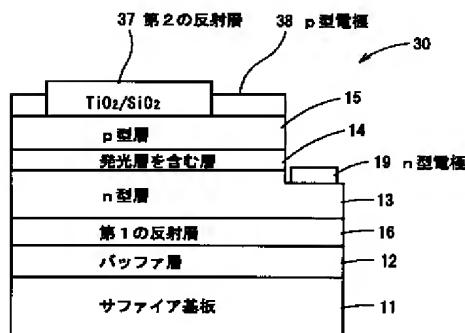
【図1】



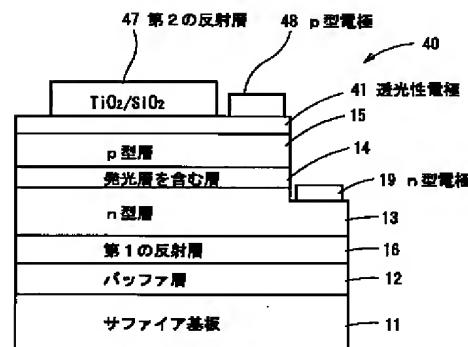
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 吉村 直樹

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 加藤 俊宏

愛知県名古屋市南区大同町二丁目30番地  
大同特殊鋼株式会社技術開発研究所内

(72)発明者 廣谷 真澄

愛知県名古屋市南区大同町二丁目30番地  
大同特殊鋼株式会社技術開発研究所内

Fターム(参考) 5F041 AA11 CA01 CA13 CA34 CA49  
CA53 CA57 CA64 CA83 CA92  
DA04 DA09 FF14  
5F073 AA52 AA55 AB19 BA02 CA07  
CB05 CB14 DA05 EA07 EA24

**PAT-NO:** JP02003163373A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 2003163373 A  
**TITLE:** III NITRIDE COMPOUND  
SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING  
ELEMENT  
**PUBN-DATE:** June 6, 2003

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
SHIBATA, NAOKI	N/A
YOSHIMURA, NAOKI	N/A
KATO, TOSHIHIRO	N/A
HIROYA, MASUMI	N/A

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
TOYODA GOSEI CO LTD	N/A
DAIDO STEEL CO LTD	N/A

**APPL-NO:** JP2001360159

**APPL-DATE:** November 26, 2001

**INT-CL (IPC):** H01L033/00 , H01S005/183

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a flip-chip resonant surface light emitting element capable of outputting a high output in a short wavelength (e.

g. a wavelength: substantially 530 nm).

SOLUTION: The III nitride compound semiconductor light emitting element comprises an n-type layer, a layer containing a light emitting layer and a p-type layer on a light transmissive substrate, a first reflecting layer made of semiconductor multiple layers between the n-type layer and the substrate, a second reflecting layer provided on the p-type layer in such a manner that the light from the light emitting layer is emitted externally from the substrate side.

COPYRIGHT: (C) 2003, JPO